

уч. тр. – Харьков, 2000. – С.332-337.

8.Дмитриева Е.А., Проскурня Н.И., Разапова Т.А. и др. Экологические исследования в проблеме “цветения” открытых водоемов при их специальном водопользовании // Вісник Харківського інституту соціального прогресу „Екологія, техногенна безпека і соціальний прогрес”. Вип. 1. – Харків, ХІСП. 2001. – С. 33-38.

Получено 12.02.2004

УДК 628.036

О.О.ЛЮБАВИНА, В.Г.МИХАЙЛЕНКО, кандидаты техн. наук,
О.Ф.АКСЬОНОВА

Харківський державний університет харчування та торгівлі

МЕХАНІЗМ ДЕФТОРУВАННЯ ВОДИ АЛЮМІНІЙ СУЛЬФАТОМ

Аналізуються процеси, що відбуваються під час дефторування води алюміній сульфатом. Запропоновано механізм дефторування по типу утворення комплексної сполуки та конкурентного заміщення гідроксид-іонів фторид-іонами.

Останнім часом збільшився об'єм використання води з підземних джерел у питному водопостачанні та у виробництві харчових продуктів.

Вода, що видобувається з підземних джерел, не має антропогенних забруднень, але не завжди є збалансованою щодо хімічного складу і тому часто не відповідає вимогам нормативної документації.

Підземні води Харківського регіону, що добуваються з глибин понад 70 м, в основному мають оптимальні фізико-хімічні показники якості, але досить часто зустрічаються води з підвищеними концентраціями сполук фтору. Це робить неможливим використання цієї води у питному водопостачанні та у виробництві харчових продуктів. Вода, яка містить надлишок фтору, крім флюорозу викликає у людей зміни в кістковій тканині, а у дітей навіть рахіт. Також погіршується робота серцево-судинної системи та загальний фізичний стан людини [1]. Медичними нормативами встановлено, що вміст фтору для питної води знаходиться у межах 0,5-1,5 мг/дм³. Всесвітня організація охорони здоров'я також рекомендує ГДК фтору у воді не більше 1,5 мг/дм³ [2]. Українські СанПін встановлюють оптимальну концентрацію фториду для систем централізованого водопостачання у межах 0,7-1,5 мг/дм³ [3].

Оскільки вміст фтору у підземних джерелах Харківщини визначається в межах 1,5-2,8 мг/дм³, то дефторування води є актуальною проблемою для забезпечення населення і підприємств якісною водою.

Для дефторування води використовуються різні методи, які автори [1, 4] поєднують в дві групи: метод сорбції фтору осадом алюміній

або манган гідроксиду, а також кальцій фосфату (реагентне дефторування); метод фільтрування води крізь фторселективні матеріали (фільтраційний метод).

Аналізуючи ці методи, вони приходять до висновку, що найбільш практичними методами дефторування є використання сполук алюмінію і процесів фільтрування для відокремлення одержаних нерозчинних сполук.

Водночас відмічається, що існуючі методи мають значний вплив насамперед на склад води, через використання надлишкових концентрацій хімічних реагентів.

У питному водопостачанні для поліпшення якості води широко використовують як коагулянт алюміній сульфат [5]. Також відомо, що процеси дефторування відбуваються паралельно із застосуванням коагуляційної очистки води цим коагулянтом. Тому, зазвичай, на практиці оптимізують процес коагуляції, не враховуючи особливості утворення сполук фтору. Для створення ефективної технології вилучення фтору сполуками алюмінію потрібно визначитися з механізмом дефторування.

Метою наших досліджень було вивчення ефективності дефторування води за допомогою найбільш дешевого реагенту – алюміній сульфату. Завданням цієї роботи було визначення механізму дефторування.

Відомо, що процес коагуляції складається з наступних стадій: гідролізу та утворення колоїдних часток. Гідроліз алюміній сульфату є найбільш важливим процесом для самої коагуляції, тому що повнота його протікання впливає як на якість процесу коагуляції так і на якість води. В процесі коагуляції алюміній сульфатом відбувається зменшення вмісту фтору у воді. Лімітуючим фактором для коагуляції є гідроліз самого коагулянту. Для забезпечення повноти гідролізу можна використовувати наступні способи: розведення розчину, підвищення температури, обмеження рН розчину значеннями 7,2-7,6, забезпечення належної буферної ємності води. Безумовно, що ці фактори будуть також впливати на процес дефторування.

Оскільки процес дефторування на сьогодні достатньо не вивчено, проведемо аналіз можливого механізму на основі відомих пояснень цього процесу. Розглянемо такі узагальнені варіанти механізму дефторування:

- фторид-іон виступає як введений електроліт, що призводить до стискання дифузійного шару міцели, а це, в свою чергу, веде до агрегації міцел та сорбції фтору.

- оскільки міцела – це досить велика частка, то можна говорити про те, що вона виконує функції іоніту, який обмінює групи $=\text{SO}_4$, $-\text{HSO}_4$ на F^- , тобто в цьому випадку дефторування іде за механізмом обміну іонів.

Для пояснення наведених вище варіантів механізму дефторування розглянемо константи нестійкості фторидних і гідроксидних комплексів алюмінію, що утворюються в процесі гідролізу та коагуляції (табл.1).

Таблиця 1 – Константи нестійкості фторидних та гідроксидних комплексів алюмінію

Фторидні комплекси	$K_{\text{нест.}}$	Гідроксидні комплекси	$K_{\text{нест.}}$
AlF^{2+}	$7,4 \cdot 10^{-7}$	AlOH^{2+}	$10^{-8,98}$
AlF_2^+	$7,1 \cdot 10^{-12}$	Al(OH)_2^+	$10^{-17,86}$
AlF_3	$1 \cdot 10^{-15}$	Al(OH)_3	$10^{-26,00}$
AlF_4^-	$1,8 \cdot 10^{-18}$	Al(OH)_4^-	$10^{-32,50}$
AlF_5^{2-}	$4,3 \cdot 10^{-20}$		
AlF_6^{3-}	$1,44 \cdot 10^{-20}$		

З наведених даних видно, що константи нестійкості цих комплексів мають досить близькі значення. Спираючись на цей факт можна зробити припущення, що у воді з високою концентрацією фторид-іонів утворюється частка $[\text{Al(OH)}_2\text{F}_4]^{3-}$, це підтверджується значенням констант нестійкості та уявленням про будову комплексів алюмінію. Далі навкруги цієї частки утворюється шар, що складається з молекул Al(OH)_3 . Тобто, фторидні іони можуть входити в середину великого асоціату (міцели). Поверхня цієї міцели також сорбує фторид-іони.

У всіх наведених вище варіантах фторидні іони вилучаються з розчину разом з осадом, тобто можна зробити висновок, що при достатній концентрації алюміній сульфату та при умовах, що сприяють протіканню гідролізу можна вилучити з розчину весь фтор.

Для перевірки вищенаведених варіантів нами був поставлений експеримент в умовах сприятливих протіканню гідролізу алюміній сульфату. Як об'єкт для дефторування використовувалася вода з артезіанської свердловини (80 м, с.Васищево) з високим вмістом фтору – $2,2 \text{ мг/дм}^3$. Час процесу коагуляції – одна година. Результати експерименту наведено у табл.2.

Довести концентрацію фторид-іонів в цьому експерименті до низьких значень не вдалося. Концентрація зменшувалася на 30-50%.

За даними експерименту дефторування відбувається по типу утворення комплексної сполуки, в якій комплексоутворювачем висту-

пає колоїдна частка алюміній гідроксиду, а фторид-іони виступають в якості лігандів. Після гідролізу алюміній сульфату встановлюється рівновага між фторид-іонами на поверхні частки та в об'ємі розчину. В спрощеному вигляді це можна виразити наступним рівнянням:



Таблиця 2 – Дефторування води алюміній сульфатом

Доза $Al_2(SO_4)_3$ (мг/дм ³)	Концентрація фтору у воді (мг/дм ³)	Концентрація алюмінію у воді (мг/дм ³)	pH	Лужність (мг-екв./ дм ³)
0	2,2	0	7,58	4,4
20	2,2	0,03	7,45	3,6
100	1,85	0,03	7,10	3,0
125	1,58	0,05	7,05	2,8
150	1,4	0,05	6,93	2,6
175	1,38	0,05	6,85	2,4
200	1,25	0,075	6,85	2,2
220	1,1	0,075	6,8	2,0
250	1,05	0,075	6,7	2,0

Аналізуючи цей процес, можна сказати, що між гідроксидними та фторидними іонами існує конкуренція. Тобто, при підвищенні pH ефективність дефторування зменшується. Очевидно, що при більш низьких значеннях pH можна досягти практично повного дефторування води. Для підтвердження цього було проведено експеримент по дефторуванню води при низьких значеннях pH. Під час експерименту використовували одну пробу води з високим вмістом фторид-іону. pH води знижували концентрованою хлоридною кислотою з наступним підвищенням концентрованим лугом. Результати експерименту наведені в табл.3.

Таблиця 3 – Залежність процесу дефторування від pH води

pH	Концентрація фторид – іону (мг/дм ³) після дефторування алюміній сульфатом
3,8	0,3
5,0	0,6
5,8	0,9
7,0	1,16
8,0	1,45

При низьких значеннях pH у високофтористих водах після додавання алюміній сульфату утворюється розчинний фторидний комплекс алюмінію. Аналітично фтор, як аніон при низьких значеннях pH не визначається, тому робиться помилковий висновок про ефективне дефторування води. Якщо далі підвищувати pH, OH-іони починають ви-

тісняти F-іони з комплексної сполуки, утворюючи більш стійкий комплекс і концентрація фторид-іону у воді підвищується. Після утворення коагуляційних структур сполуками алюмінію реакції комплексоутворення відбуваються на їх поверхні. А під час седиментації відбувається відокремлення сполук фтору.

Тому для оптимізації процесу дефторування необхідно стабілізувати значення рН в інтервалі активного осадження алюміній гідроксиду.

Таким чином, проведені дослідження дозволяють зрозуміти процеси, що відбуваються під час коагуляції алюміній сульфату у високофтористій артезіанській воді. Одержаний механізм дефторування буде сприяти в подальшому розробці більш ефективної технології вилучення фтору.

1.Кульський Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – К.: Наукова думка, 1983. – 528 с.

2.Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. – М.: Протектор, 2000. – 848 с.

3.Вода питна. Нормативні документи: Довідник. Т.1. – Львів.: Леонорм, 2001 – 260 с.

4. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. – М.: МГУ, 1996. – 680 с.

5.Eli Dahi, Felix Mtalo, Balthazar Njau and Henrik Bregnhj. Defluoridation using the Nalgonda Technique in Tanzania. Reaching the unreachable: Challenges for the 21st Century. 22nd WEDC Conference. – New Delhi, India, 1996.

Отримано 01.03.2004

УДК 658.336

В.О.ГАЄВСЬКА, В.А.ШУР, канд. техн. наук

ЖБК Основ'янського відділення Південної залізниці, мХарків

НАДІЙНІСТЬ РОБОТИ ВНУТРІШНЬОБУДИНКОВИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ Й ОПАЛЕННЯ

Наводяться результати дослідження аварійності й імовірності безвідмовної роботи внутрішньобудинкових систем холодного водопостачання і центрального опалення п'ятиповерхового 60-квартирного житлового будинку за період з 1980 по 2003 рр. Показано можливість короткострокового прогнозування аварій у внутрішніх системах водопостачання і опалення.

Безперебійна подача в квартири води і тепла по внутрішньобудинкових і квартирних мережах залежить від їхньої надійної роботи. Під надійністю розуміється властивість систем водо- і теплопостачання житлового будинку безвідмовно (справно) працювати протягом заданого часу у визначених експлуатаційних умовах і відповідності якості, температури і тиску води, що подається в будинок, встановленим